



## ⑫ 公開特許公報(A) 平3-81080

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)4月5日

B 23 K 26/00  
E 04 G 23/08  
E 21 C 37/003 2 0 E  
H7920-4E  
2118-2E  
7903-2D

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 レーザーによるコンクリート切断装置

⑰ 特 願 平1-217530

⑱ 出 願 平1(1989)8月25日

⑲ 発 明 者 野 島 博 東京都渋谷区千駄ヶ谷4丁目6番15号 フジタ工業株式会社内

⑲ 発 明 者 齊 藤 英 明 東京都中央区新川2丁目1番7号 財団法人産業創造研究所内

⑲ 発 明 者 ウィグナラージャ・シバクマラン 東京都中央区新川2丁目1番7号 財団法人産業創造研究所内

⑲ 出 願 人 フジタ工業株式会社 東京都渋谷区千駄ヶ谷4丁目6番15号

⑲ 出 願 人 財団法人産業創造研究所 東京都中央区新川2丁目1番7号

⑲ 代 理 人 弁理士 岡本 重文 外1名

## 明 細 書

## 1. (発明の名称)

レーザーによるコンクリート切断装置

## 2. (特許請求の範囲)

レーザー集光系の切断ヘッドによってコンクリートの被切断個所に焦点を結ばせるように構成されたコンクリート切断装置において、前記切断ヘッドを前記被切断対象コンクリートのレーザー焦点部の照射開き角が2度乃至4度に限定されるように構成してなることを特徴とするレーザーによるコンクリート切断装置。

## 3. (発明の詳細な説明)

(産業上の利用分野)

本発明はレーザーによるコンクリート切断装置に係るものである。

(従来技術)

従来、レーザーによるコンクリート切断装置あっては、レーザーの集光系において焦点距離をもとに、焦点部のエネルギー密度を問題点として各種実験を行っている。

これをレーザーの焦点部の照射開き角度として

捉えたと、同開き角度を5度以上にして焦点部のエネルギー密度を大きくしようと考えている。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら焦点距離をある程度短かくして焦点部のエネルギー密度を大きくすると、焦点付近では有効に切断できるが、深さを増大しようとすると、焦点深度が浅くなり、切断効率が低減し易い。

レーザー発生ビームの直径は、レーザー発振装置によって一定しないため、焦点部の照射開き角度を基準に考えない場合、切断深さを最大にする条件を設定し難いという問題点がある。

本発明は前記従来技術の有する問題点に鑑みて提案されたもので、その目的とする処は、レーザーによる1回の切断で、最大の切断深さが得られる、レーザーによるコンクリート切断装置を提供する点にある。

(課題を解決するための手段)

前記の目的を達成するため、本発明に係るレ

ザーによる切断装置は、レーザー集光系の切断ヘッドを、被切断対象コンクリートのレーザー焦点部の照射開き角が2度乃至4度に限定されるように構成されている。

#### (作用)

レーザーによるコンクリートの切断は、コンクリート母材の熔融、酸化、蒸発等の化学変化後の残存物としてのガラス状のドロス、及びこれらの切片の飛散という物理現象に依存しているため、切断可能な深さを増大させようとする場合、その成否はいかにコンクリートの深度まで高密度のエネルギーを到達させることができるかにかかっている。

この点に関する要素は、焦点部及び被切断コンクリート深部のエネルギー密度、切断溝壁のレーザー反射効率、切断部コンクリートのレーザー吸収率及びコンクリート内部での熱伝達率等である。

前記要素を考慮して被切断コンクリートにおける焦点深度と、焦点部エネルギー密度とのバランスを考慮し、焦点部レーザー照射開き角度に着目

コンクリート(C)の表面または同表面より少し内部に焦点(2)を結ぶ。コンクリートを切断する場合は、レーザーによって前記コンクリート(C)に形成された切断溝(3)にガラス状の不燃焼物がドロスとして残りまたコンクリート表面へ盛り上ることもあるのでこの排除または化合を目的として、加圧したガス(G)をパイプ(4)(4')を介してノズル(5)(5')よりレーザー照射軸(A)上でコンクリート表面に向けて吹付ける。

一方レーザーにより酸化、蒸発したコンクリートからの気体及び粉状の飛散ドロスは、フード(6)で捕捉し、先端が排気設備(図示せず)に接続されたダクト(図示せず)に通じる吸込口(7)より排気ガス(H)として無害な場所へ放出する。

またレーザーの出力が大きくなると、レンズ(L)による集光はレンズの熱排除の関係から不可能になるので、反射鏡による集光が必要となる。

第2図は反射鏡よりなるレーザー集光系を使用したコンクリート切断装置の実施例を示し、発生レーザービーム(8)を凹面鏡(M-1)で反射集光し、

して実験を繰り返した結果、前記開き角度が3度を中心として前後各1度以内に納まっていることが判った。

本発明者は前記知見に基き、前記したように、レーザーによるコンクリート切断装置における集光系の切断ヘッドを、被切断対象コンクリートのレーザー焦点部の照射開き角が2度乃至4度に限定されるように構成したことによって、レーザーによるコンクリートの切断深さを最大にすることを可能ならしめたものである。

#### (実施例)

以下本発明を図示の実施例について説明する。

レーザーによる切断は被切断物の表面、またはその少し内部にレンズまたは反射鏡よりなるレーザー集光系によって焦点を合わせて、レーザーのエネルギー密度を高めて熔融、酸化、蒸発等の化学変化を利用して行なうものである。

第1図はレンズよりなるレーザー集光系を使用したコンクリート切断装置を示し、発生レーザービーム(1)はレンズ(L)によって集光され、被切断

反射鏡(M-2)により所要位置に焦点(9)を結ばせ、コンクリート(C)に切断溝(10)を形成する。この時、反射鏡(M-2)は必要な焦点距離を得るために、凹面鏡(M-1)との組み合わせで平面、凹面、凸面を任意に設定する。あとは第1図の場合と同様の機能を満足するために、加圧ガス(G)がパイプ(11)、ノズル(12)により所要位置に吹付けられ、排気ガス(H)を有効に排出するためにフード(13)、吸込口(14)が必要となる。コンクリート(C)は有効に切断溝(10)を形成する。

次にレーザー光線の集光と切断機構とについて説明する。

レーザーの集光に関しては、第3図より

レーザー出力 =  $W$  (ワット)

レーザー波長 =  $\lambda$  (cm)

焦点距離 =  $f$  (cm)

レーザー発生ビーム半径 =  $r_0$  (cm)

とすると、

レーザー発生ビーム面積

$$A = r_0^2 \pi \text{ (cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

レーザー発生ビームエネルギー密度

$$W = W/A \text{ (ワット/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{焦点部半径 } r_f = f \lambda / (r_0 \pi) \text{ (cm)} \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{焦点部面積 } a = r_f^2 \pi \text{ (cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(4)$$

焦点部レーザー入射開き角

$$\alpha = \text{TAN}^{-1}(2r_f/f) \text{ (度)} \dots\dots\dots(5)$$

焦点部エネルギー密度

$$F = W/a \text{ (ワット/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(6)$$

となる。

これ等の各式を代入変形して出力に関する式として、

$$P = \pi W \left\{ \frac{\tan \alpha}{2\lambda} \right\}^2 \text{ (ワット/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(7)$$

を導いた。

これを焦点部開き角と焦点部のエネルギー密度との関係図表として第4図に示す。

前掲(7)式によれば波長 $\lambda$ を一定とし、レーザー出力を決めれば、焦点部エネルギー密度は開き角度 $\alpha$ の関数となり1kw、5kw、10kwは夫々線(15)、(16)、(17)となる。

なければ焦点部開き角 $\alpha$ が鋭角になるほど焦点部のエネルギー密度は小さくなることが判る。コンクリートの切断溝を深くするためには、レーザーの開き角は鋭角の方が焦点深度も深くなって有効であるが、これに反して焦点部の直径が大きくなり、エネルギー密度が低下することは(3)(4)(6)各式から判断される。

従って最大の切断深さを得るためには、焦点部開き角度 $\alpha$ はどこかに収斂せしめると所期の目的を達成できる。

次に切断溝でのレーザーエネルギーは、第5図において開き角度 $\alpha$ を持ったレーザー光線(27)がコンクリート表面(S)で焦点(28)を結ぶ場合、焦点(28)部ではレーザー(27)の焦点面積は0にならず、第3図の説明のようにある大きさの焦点半径を持つことになる。そのあとレーザーはコンクリート(C)の切断壁面に当りエネルギー吸収される部分と反射される部分に分けられる。例えば第5図で集光されるレーザー(27)のある部分の光線(29)は焦点(28)を経てコンクリート(C)の切断溝

下記第1表は後述の実験結果によるものであるが、番号No1乃至No9の夫々の諸元に基づき、第4図に開き角との交点としてNo1の点(33)乃至No9の点(41)の各点に対応させている。

第1表 発生ビームエネルギー密度と開き角度

| 番号   | 出力<br>kw<br>(W) | 直径<br>cm | 密度<br>W/cm <sup>2</sup><br>(W) | 焦点距離<br>cm<br>(f) | 開き角度<br>( $\alpha$ ) |
|------|-----------------|----------|--------------------------------|-------------------|----------------------|
| No 1 | 1               | 1.6      | 497.4                          | 12.7              | 7.21                 |
| No 2 |                 |          |                                | 25.4              | 3.61                 |
| No 3 |                 |          |                                | 38.1              | 2.41                 |
| No 4 | 5               | 9.1      | 76.9                           | 120               | 4.34                 |
| No 5 |                 |          |                                | 180               | 2.90                 |
| No 6 |                 |          |                                | 230               | 2.27                 |
| No 7 | 10              | 9.1      | 153.8                          | 120               | 4.34                 |
| No 8 |                 |          |                                | 180               | 2.90                 |
| No 9 |                 |          |                                | 230               | 2.27                 |

上記第1表、及び第4図の焦点部開き角と焦点部のエネルギー密度との関係図表中の線(15)(16)(17)より、出力及びレーザー発生ビーム径が変ら

壁面(30)に当りここで吸収されて熱(H-1)となる部分と反射光(31)となる部分に分れる。反射光(31)は切断溝壁面(32)に当り、吸収されて熱(H-2)と反射光になる。このように吸収、反射が何度か繰り返され全エネルギーが熱に変換される。

コンクリート(C)は実験の結果からレーザー密度が10<sup>4</sup>ワット/cm<sup>2</sup>以上であれば溶融、酸化、蒸発等により切断という現象を生じる。

コンクリートは金属等に比較すれば熱伝達率は小さいが、或る速さでは熱伝達されるので、一定限度以下のレーザー密度ではコンクリートは加熱されても、投入エネルギーと逸散エネルギーがバランスして温度上昇が停止し切断現象にはならなくなる。第5図の切断溝(D)は次第に溝幅が増加されるが、深さの増加が望めなくなる。

次にレーザーによる切断実験と有効集光条件の設定について述べる。

第4図の点(33)乃至(41)は、第1表に対応する9種類の実験条件を示したもので、このうち二重丸印の点(34)、(37)、(40)が1kw、5kw、10kw夫

々の出力の中で1番切断深さの大きかったものである。これを基に実験結果を第6図のように整理すると焦点部開き角が3度を中心に集まっていることが判る。なお1kwの場合、開き角が4度に近いのはエネルギーが小さいため、開き角を大きくして焦点部のエネルギー密度を大きくした方が切断効率が良いからである。レーザー出力が20kw, 30kwと高出力になれば第4図からも高エネルギー密度が得られ易く、開き角を3度より小さくした所が最適となるといえる。出力が大きくなれば開き角を狭くし、焦点深度を深くし、多少焦点部のエネルギー密度を下げて、 $10^5 \text{ W/cm}^2$ には余裕がある。

このようにレーザーによるコンクリート切断の場合は、焦点部開き角度を設定パラメータとして3度を中心に前後各1度の範囲で設定することがレーザーエネルギーの吸収、反射、熱エネルギーの伝達の結果としての熔融、酸化、蒸発現象、更にこれ等の結果としての切断溝内での吸収、反射、熱エネルギーの伝達という繰り返しの現象を最大

の効率に導く条件である。

(発明の効果)

本発明に係るレーザーによるコンクリート切断装置においては、前記したように、レーザー集光系の切断ヘッドを被切断対象コンクリートのレーザー焦点部の照射開き角が2度乃至4度に限定されるように構成したことによって、一回の切断で最大の切断深さが得られ、レーザーによるコンクリートの切断が効果的に、確実に行なわれる。

#### 4. (図面の簡単な説明)

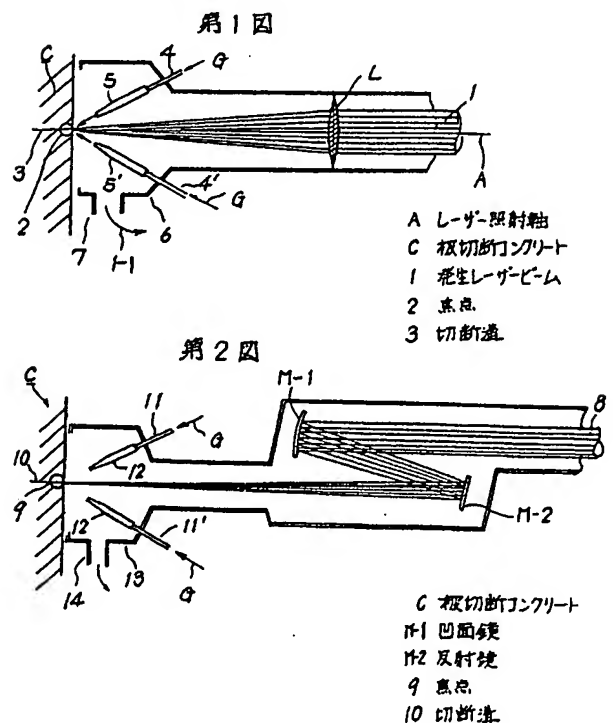
第1図及び第2図は夫々本発明に係るレーザーによるコンクリート切断装置の各実施例を示す縦断面図、第3図は本発明の切断装置集光系の説明図、第4図は焦点部開き角と焦点エネルギー密度との関係を示す図、第5図は被切断コンクリートのレーザーによる切断溝の状態を示す縦断面図、第6図は被切断コンクリートにおける焦点部開き角と切断深さとの関係を示す図である。

(A) …レーザー照射軸、

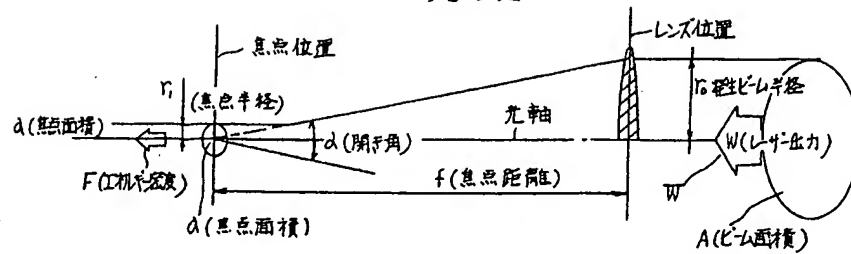
(C) …被切断コンクリート、

- (D) …切断溝、 (L) …レンズ、  
 (M-1) …凹面鏡、 (M-2) …反射鏡、  
 S …コンクリート表面、  
 (1) …発生レーザービーム、 (2) …焦点、  
 (3) …切断溝、 (8) …発生レーザービーム、  
 (9) …焦点、 (27) …レーザー光線、  
 (28) …焦点、 (30) …切断溝壁面。

代理人 弁理士 岡 本 重 文  
 外 1 名



第3圖



第4回

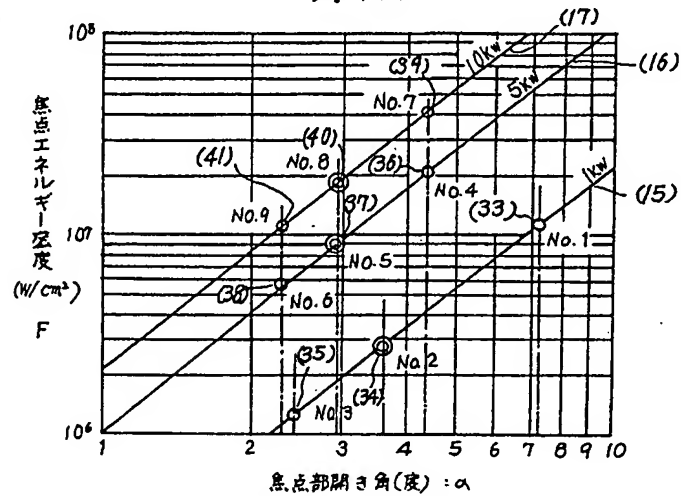
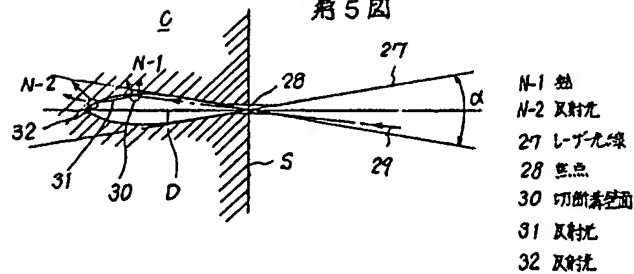


图 5 解



第 6 圖

